

TECHNOLOGICAL AND HARDWARE SUPPORT OF OSMOTIC DEHYDRATION OF ELDER BERRIES

M. Samilyk

Sumy National Agrarian University

Key words:

Osmotic dehydration
Drying
Sambucus nigra
Sugar solution
Anthocyanins

Article history:

Received 06.09.2022
Received in revised form
21.09.2022
Accepted 16.10.2022

Corresponding author:

M. Samilyk
E-mail:
m.samilyk@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the process of osmotic dehydration. The aim of the study is to develop a technological regime and hardware for osmotic dehydration of wild berries. The subject of the study was black elderberry (*Sambucus nigra*), which is an affordable raw material with a high content of biologically active substances. Experimentally, the rational mode of osmotic dehydration of elderberry berries was established. As an osmotic agent, aqueous solutions with a mass fraction of sucrose of 50, 60, and 70% were used. The solution was mixed with berries in a ratio of 1:1. To preserve the biological value of raw materials, the dehydration temperature was maintained at 50 °C. Partially dehydrated elderberry berries were dried in an infrared dryer at a temperature of 60 °C. The dependence of the duration of drying on the duration of preliminary dehydration in an osmotic solution has been established. It has been determined that the sufficient duration of osmotic dehydration of elderberries is 60 minutes. Increasing the duration of the process is not advisable, since it does not significantly affect the rate of further drying. The study showed that the duration of drying elderberries without prior dehydration in an osmotic solution is 300 minutes, which confirms the effectiveness of osmotic dehydration. Powders obtained from berries, dehydrated by the proposed method, have good organoleptic properties. Preservation of coloring substances, anthocyanins creates the possibility of using elderberry powders as effective natural dyes. The design of the apparatus for carrying out osmotic dehydration has been developed, which provides intensive mass transfer while maintaining a constant process temperature. The basis for the development of the design of the apparatus for carrying out osmotic dehydration was the task of preserving the organoleptic and nutritional properties of the product as much as possible.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ТА АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСМОТИЧНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ ЯГІД БУЗИНИ

М. М. Самілик

Сумський національний аграрний університет

У статті розроблено технологічний режим та апаратурне забезпечення осмотичної дегідратації дикорослих ягід. Предметом дослідження обрано бузину чорну (*Sambucus nigra*), яка є доступною сировиною з високим вмістом біологічно-активних речовин. Експериментальним шляхом встановлено раціональний режим осмотичної дегідратації ягід бузини. Як осмотичний агент використовували водні розчини з масовою часткою сахарози 50, 60 та 70%. Розчин змішували з ягодами у співвідношенні 1:1. Для збереження біологічної цінності сировини температуру дегідратації підтримували на рівні 50 °С. Частково зневоднені ягоди бузини висушували в інфрачервоній суширці при температурі 60 °С.

Досліджено залежність тривалості сушіння від тривалості попереднього зневоднення в осмотичному розчині. Встановлено, що достатня тривалість осмотичної дегідратації ягід бузини – 60 хвилин. Збільшення тривалості процесу не є доцільним, оскільки суттєво не впливає на швидкість подальшого сушіння. Дослідження показало, що тривалість сушіння ягід бузини без попереднього зневоднення в осмотичному розчині становить 300 хв, що підтверджує ефективність осмотичної дегідратації. Порошки, отримані із ягід, зневоднених запропонованим способом, мають гарні органолептичні властивості. Збереження барвних речовин, антоціанів створює можливість застосування бузинових порошків як ефективних натуральних барвників. Розроблено конструкцію апарата для проведення осмотичної дегідратації, яка забезпечує інтенсивне масоперенесення при підтриманні постійної температури процесу. Основа розробки конструкції апарата для проведення осмотичної дегідратації – максимальне збереження органолептичних і харчових властивостей продукту.

Ключові слова: осмотична дегідратація, сушіння, *Sambucus nigra*, цукровий розчин, антоціани.

Постановка проблеми. Серед пріоритетних завдань харчової промисловості є подовження терміну придатності продуктів рослинного походження та збереження їх біологічної цінності.

Традиційними способами обробки рослинної сировини є теплова обробка під дією високих або низьких температур, зневоднення, ферментативне консервування. У процесі високотемпературної теплової обробки відбуваються зміни структурно-механічних, фізико-хімічних, біохімічних, хімічних, мікробіологічних і органолептичних властивостей сировини, їх харчової та біологічної цінності (Снежкін, Гусарова, & Шапар, 2017).

Найбільш раціональним способом подовження термінів зберігання рослинної сировини є сушіння. Це пов'язано зі сповільненням мікробіологічних процесів.

При цьому склад поживних і біологічно цінних речовин залишається близьким до природного (Бичков, & Дмитрюк, 2014). Проте сушіння не забезпечує збереження вихідних органолептичних властивостей сировини та її складу за деякими нутрієнтами. При подовженні тривалості процесу біологічна цінність втрачається.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом найбільш популярним методом збереження плодово-ягідної сировини є дегідратація різними осмотичними розчинами. Осмотична дегідратація — це явище перенесення води з нижчої концентрації розчиненої речовини у більш високу концентрацію через напівпроникну мембрану, що призводить до зрівноваження по обидва боки мембрани (Tortoe, Orchard, & Beezer, 2011).

Фізичний зміст процесу осмотичної дегідратації пояснюється тим, що концентровані розчини твердих речовин мають більш високий осмотичний тиск і меншу активність води (Hasanuzzaman et al., 2014).

Осмотична дегідратація є одним із ефективних методів для збільшення терміну зберігання плодів та ягід. Перевага цього процесу, якщо порівняти з іншими, полягає в тому, що зберігаються поживні властивості, вітаміни, мінерали й органолептичні показники (Singh, Sharma, & Sarkar, 2010).

При переробці фруктів та овочів осмотичне зневоднення сприяє збереженню первісних характеристик рослинної сировини, зокрема кольору, аромату, текстури та поживного складу (Yadav, & Singh, 2014). Після осмотичного зневоднення рослинна сировина залишається подібною до натуральної (Shi, & Xue, 2009).

Часткове видалення води з рослинної сировини відбувається за рахунок її взаємодії з концентрованими водними розчинами з високими осмотичними властивостями протягом заданих часу й температури. Дегідратація проводиться переважно для фруктів і овочів у гіпертонічному розчині, такому як концентрований цукровий сироп (Azoubel, & Murr, 2004).

Розчини цукру та солі вважаються найкращим вибором з точки зору ефективності, зручності та смаку (Tortoe, 2010). Розчин цукру зменшує потемніння, запобігаючи доступу кисню, забезпечує стабільність пігментів і допомагає утримувати легкі сполуки під час сушіння осмотично оброблених матеріалів (Pattanapa, Therdthai, Chantrapornchai, & Zhou, 2010).

Порівняно з іншими традиційними методами, осмотична дегідратація є простим способом, який не вимагає обов'язкового механічного впливу і потребує менших витрат енергії (Khin, Zhou, & Perera, 2006). Його легко проводити при кімнатній температурі, що забезпечує збереження кольору, текстури та поживних речовин з обмеженою втратою легких сполук і меншими окисними змінами. Осмотичне зневоднення запобігає знебарвленню плодів, яке спричинене ферментативним окисненням.

Для інтенсифікації масопередачі під час осмотичного зневоднення можна застосовувати процес перемішування, оскільки використання висококонцентрованих в'язких розчинів цукру створює такі проблеми, як спливання плодів та ягід, що перешкоджає їх рівномірному розподілу в осмотичному розчині. Це призводить до зменшення швидкості масообміну (Phisut, 2012; Gupta, Singh, & Shivhare, 2012).

Співвідношення розчину та зразка слід вибирати таким чином, щоб рушійна сила осмотичного зневоднення була постійною протягом усього процесу. У міру

зневоднення концентрація осмотичного розчину зменшується і рушійна сила осмотичного зневоднення (Garcia-Toledo et al., 2016). Більшість дослідників використовували співвідношення проби та розчину в діапазоні від 1:1 до 1:5 для вивчення кінетики масопереносу щодо зміни концентрації розчину та інших факторів. Збільшення співвідношення осмотичного розчину до маси зразка призвело до збільшення як приросту твердої фази, так і втрати води при осмотичній дегідратації (Tortoe, 2010).

Осмотична дегідратація є одним із енергетично ефективних способів видалення вологи з харчових продуктів, оскільки вода не зазнає фазового перетворення під час видалення із продукту (Acevedo, Tirado, & Guzmán, 2014).

Цей спосіб менш енерговитратний, порівняно з конвективним і вакуум-конвективним методами сушіння, оскільки його можна проводити за низької температури або температури навколишнього середовища (Chavan, & Amarowicz, 2012; Matuska, Lenart, & Lazarides, 2006).

Аналіз літературних джерел показав, що осмотична дегідратація має ряд переваг порівняно з традиційними методами зневоднення, проте існують прогалини і невирішені проблеми щодо технологічного режиму осмотичного зневоднення та його апаратурного оформлення.

Мета дослідження: розробити технологічний режим та апаратурне забезпечення осмотичної дегідратації дикорослих ягід *Sambucus nigra*.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання дослідження:

- встановити раціональний режим осмотичної дегідратації (температуру, тривалість, масову частку сахарози в осмотичному розчині);
- проаналізувати органолептичні властивості дегідратованих ягід бузини;
- запропонувати конструкцію апарата для проведення осмотичної дегідратації ягідної сировини.

Матеріали і методи. Як предмет дослідження обрано дикорослі ягоди бузини *Sambucus nigra*, які мають високу харчову та біологічну цінність, є доступною сировиною регіонального значення. Плоди бузини багаті на цукри, органічні кислоти, а також на антоціани та інші поліфеноли (Ferreira, Silva, & Nunes, 2022). Бузина є одним з найбільших джерел антиоксидантів (Domínguez et al., 2020), використовується як сировина для промислового виробництва антиоксидантів, барвників та біологічно активних сполук.

Традиційно їх використовують як лікарські компоненти та харчові інгредієнти у вареннях, соках. Пропонується використовувати висушені ягоди бузини для виробництва порошків з функціональними властивостями, які можуть бути функціональною добавкою для виробництва багатьох харчових продуктів (Samilyk, Demidova, Bolgova, Kapitonenko, & Cherniavska, 2022).

Ретельно відмиті, заморожені ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), а згодом дефростовані ягоди змішували у співвідношенні 1:1 з розчином сахарози різних концентрацій (50, 60, 70%), нагрітим до $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Процес дегідратації проводили в рідинному термостаті MLW-16 (Німеччина) протягом 60 та 90 хвилин. При цьому суміш ретельно перемішували за постійної температури $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після дегідратації вміст сухих речовин у розчині сахарози зменшувався на 8—10%.

Частково зневоднені ягоди відокремлювали від осмотичного розчину та направляли на висушування в лабораторну інфрачервону сушарку при температурі 60 °С до масової частки сухих речовин у висушеному продукті 7—8%. Паралельно було проведено висушування дефростованих ягід без попередньої осмотичної дегідратації. Висушені похідні ягід подрібнювали у порошки за допомогою лабораторного дискового млина ЛЗМ-1 до крупності, яка забезпечує повний прохід матеріалу через плетене латунне сито (0,45 мм).

Для визначення масової частки вологи подрібнену наважку ягід масою 5 г зважували в попередньо висушеному і зваженому бюксі зі скляною паличкою, кришкою та піском. Відкритий бюкс з наважкою поміщали в сушильну шафу, нагріту до температури (105±2) °С. При внесенні бюкси в шафу температура в ній трохи знижується, тому відлік часу висушування проводили з того моменту, коли термометр показував 105 °С. Висушування проводилось протягом 40 хвилин. Після закінчення висушування бюкси з наважкою нещільно прикривали кришками, поміщали в ексікатор на 20 хв, а потім, щільно закривши бюкси кришками, зважували.

Масову частку вологи (x) у відсотках обчислювали за формулою:

$$x = 100 \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} K, \quad (1)$$

де m_1 — маса бюкси з кришкою, паличкою, піском і наважкою до висушування, г; m_2 — маса бюкси з кришкою, паличкою, піском і наважкою після висушування, г; m_3 — маса бюкси з кришкою, паличкою, піском, г; K — поправочний коефіцієнт.

Викладення основних результатів дослідження. Експеримент показав, що при підвищенні концентрації осмотичного розчину тривалість сушіння скорочується (таб. 1). Найкращого результату зневоднення вдалося досягти при використанні цукрового розчину з масовою часткою сахарози 70%. Це пояснюється тим, що в першому періоді дегідратації, коли сила осмотичного тиску найвища, спостерігається активний перехід клітинного соку в розчин, що призводить до зменшення концентрації й тиску.

Таблиця 1. Режими зневоднення дикорослих ягід

Масова частка сахарози в цукровому розчині, %	Тривалість осмотичної дегідратації, хв	Тривалість сушіння, хв	Масова частка вологи в дефростованих ягодах, %	Масова частка вологи у висушених ягодах, %
50	60	120	77,03	7,81
	90	115		7,65
60	60	90		7,32
	90	80		7,30
70	60	80		7,51
	90	75		7,35
Дефростовані ягоди без попереднього зневоднення		300		7,20

Найбільш ефективна осмотична дегідратація при масовій частці сахарози 70% в осмотичному розчині і тривалості 60 хвилин. Збільшення тривалості процесу осмотичної дегідратації не призводить до відчутного скорочення тривалості сушіння, тому для зменшення енерговитрат на процес зневоднення рекомендується обмежитися цим періодом. Варто зазначити, що тривалість сушіння ягід без попереднього зневоднення в осмотичному розчині значно більша і становить 300 хв, що підтверджує ефективність цього процесу.

Дотримання таких умов зневоднення дало змогу отримати порошки з бузини з покращеними органолептичними властивостями. Зберігається натуральний колір, аромат. Оскільки в порошках зберігаються барвні речовини антоціанів, доцільно використовувати бузинові порошки як натуральні барвники. Порівняно з іншими методами вилучення пігментів з рослинної сировини осмотична дегідратація забезпечує збереження біологічної цінності продуктів. Смак порошоків покращується за рахунок підвищення вмісту сахарози.

За результатами проведених експериментальних досліджень розроблена конструкція апарата для проведення осмотичної дегідратації, в основі якої є максимальне збереження органолептичних і харчових властивостей продукту, забезпечення найбільшої швидкості масоперенесення. Схема апарата для осмотичної дегідратації представлена на рис. 1.

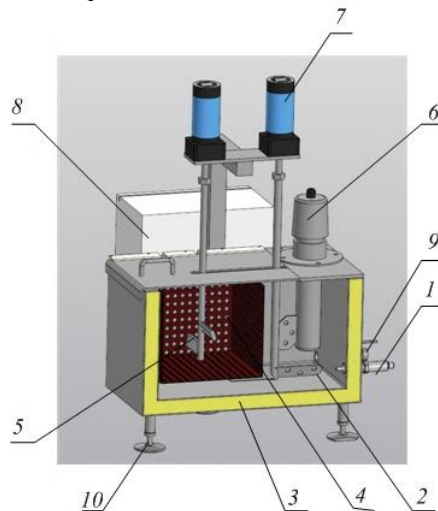


Рис. 1. Апарат для проведення осмотичної дегідратації:

- 1 — датчик температури; 2, 5 — мішалки; 6 — електричний тен; 7 — двигун;
8 — щит керування; 9 — кран зливний; 10 — опора регулююча

Корпус апарата виготовлений з нержавійної сталі з товщиною теплоізоляції 25 мм і розміщений на регульованих опорах. Рівномірне нагрівання цукрового розчину та постійне перемішування сировини забезпечується двома мішалками. Всередині корпусу встановлена перфорована решітка (діаметр отворів 2 мм) для утримання рослинної сировини. Решітка виконує одразу декілька важливих функцій: утримання сировини всередині корпусу і її рівномірне занурення в цукровий розчин; відокремлення осмотованого розчину від частково зневодненої

сировини після осмотичної дегідратації. З метою запобігання випадкового потрапляння сторонніх домішок та втрати тепла апарат обладнано кришкою з пазами під мішалку. Для нагрівання цукрового розчину і підтримання температури на заданому рівні всередині корпусу вбудовано електричний нагрівник опору. Контроль і регулювання процесом проводиться зі щита керування, обладнаним контролером HORNER HE-X. Після дегідратації розчин виводиться через зливний кран. В апарат для дегідратації подається вода і цукор, після чого вмикаються обидві мішалки і тен для нагрівання цукрового розчину. Початкова температура розчину становить 60—70 °С. Після внесення на решітку сировини, температура розчину доводиться до робочої — 50 °С. Початок процесу дегідратації фіксується після досягнення робочої температури.

Витримування сировини в насиченому цукровому розчині здійснюється при температурі 50 °С. Після закінчення необхідного часу дегідратації осмотований розчин виводиться через зливний кран. Утворений осмотований розчин можна використовувати повторно: переробляти його на різні види харчових продуктів, виготовляти натуральні барвники або використовувати як добавку для збагачення цукру (Samilyk, Korniienko, Bolgova, Sokolenko, & Boqomol, 2022). Решітку із частково зневодненою сировиною дістають і направляють ягоди на висушування. Осмотична дегідратація дає змогу проводити попереднє зневоднення ягід бузини *Sambucus nigra* перед процесом сушіння, зменшуючи його тривалість, запобігає знебарвленню сировини, спричиненого ферментативним окисненням.

Висновки

Осмотична дегідратація є ефективним способом попереднього зневоднення ягід, який забезпечує збереження їхніх органолептичних властивостей.

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено раціональний технологічний режим осмотичної дегідратації ягід бузини *Sambucus nigra*, а саме: масова частка сахарози в осмотичному розчині — 70%; температура — 50 °С; тривалість процесу попереднього зневоднення — 60 хв; масове співвідношення сировини з осмотичним розчином — 1:1.

Запропоновано конструкцію апарата для попередньої, перед сушінням, осмотичної дегідратації ягідної сировини. Отримані результати дослідження дають змогу в подальшому встановити закономірності процесу осмотичної дегідратації в поєднанні з інфрачервоним сушінням для інших видів плодово-ягідної сировини.

Література

Снежкін, Ю., Гусарова, О., Шапар, Р. (2017). Інтенсифікація вологовидалення при зневодненні плодовоовочевої сировини. *Наукові праці*, 81 (1), 90—93. doi: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v81i1.681>.

Бичков, Я. М., Дмитрюк, Т. І. (2014). Способи отримання сухих порошків з рослинної сировини. *Наукові праці*, 46 (1), 204—208.

Tortoe, C., Orchard, J., Beezer, A. (2011). Multilinear Regression Approach in Predicting Osmo-Dehydration Processes of Apple, Banana and Potato. *Food Process Technol*, 2, 1—6. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/509>.

Hasanuzzaman, M., Kamruzzaman, M., Islam, M., Khanom, S., Rahman, M., Lisa, L., Paul, D. (2014). A Study on Tomato Candy Prepared by Dehydration Technique Using Different Sugar Solutions. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1261—1271. doi: 10.4236/fns.2014.513137.

- Singh, C., Sharma, K. H., Sarkar, C. B. (2010). Influence of process conditions on the mass transfer during osmotic dehydration of coated pineapple samples. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 700—714. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00386.x>.
- Yadav, A. K., Singh, S. V. (2014). Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Food Sci Technol*, 51 (9), 1654—1673. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2.
- Shi, J., & Xue, J. S. (2009). *Application and development of osmotic dehydration technology in food processing*. CRC Press.
- Azoubel, P. M., Murr, F. E. X. (2004). Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*, 61 (3), 291—295. [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(03\)00132-8](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(03)00132-8).
- Tortoe, Ch. (2010). A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*, 4 (6), 303—324. <https://academicjournals.org/ajfs>.
- Pattanapa, K., Therdthai, N., Chantrapornchai, W., Zhou, W. (2010). Original article: Effect of sucrose and glycerol mixtures in the osmotic solution on characteristics of osmotically dehydrated mandarin cv. (Sai-Namphaung) *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 1918—1924. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02353.x>.
- Khin, M. M., Zhou, W., Perera, C. (2006). A study of mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 77, 84—95. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.050/>.
- Phisut, N. (2012). Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *International Food Research Journal*, 19 (1), 7—18. [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(01\)%202011\(2\)IFRJ-2011-168%20Phisut.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(01)%202011(2)IFRJ-2011-168%20Phisut.pdf).
- Gupta, R., Singh, B., Shivhare, U. S. (2012). Optimization of Osmo-convective Dehydration Process for the Development of Honey-ginger Candy Using Response Surface Methodology. *Drying Technology*, 30, 750—759. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.661818>.
- García-Toledo, J. A., Ruiz-López, I. I., Martínez-Sánchez, C. E., Rodríguez-Miranda, J., Carmona-García, R., Torruco-Uco, J. G., Ochoa-Martinez, L. A., Herman-Lara, E. (2016). Effect of osmotic dehydration on the physical and chemical properties of Mexican ginger. *Journal of Food*, 14 (1), 27—34. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1039068>.
- Tortoe, Ch. (2010). A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science*, 4 (6), 303—324. <https://academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/76B260924389>.
- Acevedo, D., Tirado, D., Guzmán, L. (2014). Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): influencia de la temperatura y la concentración. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 17 (1), 123—130. <https://doi.org/10.31910/rudca.v17.n1.2014.947>.
- Chavan, U. D., Amarowicz, R. (2012). Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables. *Journal of Food Research*, 1 (2), 202—209. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n2p202/>.
- Matuska, M., Lenart, A., Lazarides, N. H. (2006). On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering*, 72, 85—91. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.023>.
- Ferreira, S. S., Silva, A. M., Nunes, F. M. (2022). *Sambucus nigra* L. Fruits and Flowers: Chemical Composition and Related Bioactivities. *Food Reviews International*, 38 (6), 1237—1265. DOI: 10.1080/87559129.2020.1788578.
- Domínguez, R., Zhang, L., Rocchettib, G., Lucinib, L., Pateiroa, V., Munekataa, P. E. S., Lorenzo, J. M. (2020). Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties. *Food Chemistry*, 330, 127266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266>.
- Samylk, M., Demidova, E., Bolgova, N., Kapitonenko, A., Chemiavska, T. (2022). Influence of adding wild berry powders on the quality of pasta products. *EUREKA: Life Sciences*, 2, 28—35. DOI: 10.21303/2504-5695.2022.002410.
- Samylk, M., Komiiienko, D., Bolgova, N., Sokolenko, V., Boqomol, N. (2022). Using derivative products from processing wild berries to enrich pressed sugar. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (117)), 39—44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258127>.